

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 2 年 1 2 月 1 2 日

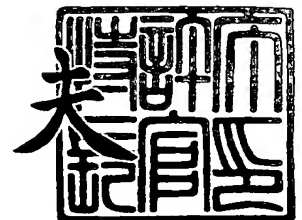
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 2 - 3 6 0 3 8 5
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 6 0 3 8 5]

出 願 人
Applicant(s): 株式会社デンソー

2 0 0 3 年 1 1 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 P02085

【提出日】 平成14年12月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F02D 41/04

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

 【氏名】 堂田 久代

【特許出願人】

 【識別番号】 000004260

 【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

 【識別番号】 100098420

 【住所又は居所】 名古屋市中区金山一丁目 9 番 1 9 号 ミズノビル 4 階

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 加古 宗男

 【電話番号】 052-322-9771

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 036571

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9406789

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の気筒を有する内燃機関の運転状態に関する情報を検出するセンサの出力に基づいて所定のフィードバック制御を行うフィードバック制御手段を備えた内燃機関の制御装置において、

前記内燃機関の気筒間の運転状態のばらつきを表す気筒間ばらつき値を求める気筒間ばらつき検出手段と、

前記気筒間ばらつき値が所定範囲を越えているときに、前記フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又は前記フィードバック制御を禁止する制御安定化手段と

を備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 2】 前記気筒間ばらつき値に基づいて前記内燃機関の気筒間の運転状態のばらつきを補正する気筒間ばらつき補正手段を備え、

前記制御安定化手段は、前記気筒間ばらつき補正手段による気筒間ばらつき補正が完了していないときに、前記フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又は前記フィードバック制御を禁止することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】 複数の気筒を有する内燃機関の運転状態に関する情報を検出するセンサの出力に基づいて所定のフィードバック制御を行うフィードバック制御手段を備えた内燃機関の制御装置において、

前記内燃機関の気筒間の運転状態のばらつきを表す気筒間ばらつき値を求める気筒間ばらつき検出手段と、

前記気筒間ばらつき値に基づいて前記内燃機関の気筒間の運転状態のばらつきを補正する気筒間ばらつき補正手段と、

前記気筒間ばらつき補正手段による気筒間ばらつき補正が完了していないときに、前記フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又は前記フィードバック制御を禁止する制御安定化手段と

を備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 4】 前記制御安定化手段は、前記気筒間ばらつき補正手段による気筒間ばらつき補正の完了後も所定期間が経過するまで、前記フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又は前記フィードバック制御を禁止することを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】 前記制御安定化手段は、前記気筒間ばらつき値が所定範囲以内に減少するまで、前記フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又は前記フィードバック制御を禁止することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 6】 前記フィードバック制御手段は、排出ガスセンサで検出した排出ガスの空燃比を目標空燃比に制御するように各気筒の燃料噴射弁の燃料噴射量を制御する空燃比フィードバック制御を行い、

前記制御安定化手段は、前記気筒間ばらつき値が所定範囲を越えている気筒に対してのみ前記空燃比フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又は前記空燃比フィードバック制御を禁止することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の気筒を有する内燃機関の運転状態に関する情報を検出するセンサの出力に基づいて所定のフィードバック制御を行う内燃機関の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、車両に搭載される内燃機関においては、排気管に排出ガスを浄化する三元触媒等の触媒と排出ガスの空燃比を検出する空燃比センサとを設置し、空燃比センサで検出した排出ガスの空燃比を目標空燃比（触媒の浄化ウインド）に制御するように燃料噴射弁の燃料噴射量を制御する空燃比フィードバック制御を行うことで、触媒の排出ガス浄化効率を高めるようにしている。

【0003】

このような空燃比フィードバック制御では、特許文献 1（特開 2001-90584 号公報）に記載されているように、燃料噴射弁から空燃比センサまでの制御対象を模擬した空燃比制御モデルを構築し、エンジン運転状態に応じて空燃比制御モデルの応答時定数を変化させ、この応答時定数に応じて制御ゲインを変化させることで、エンジン運転状態に応じて空燃比制御モデルの特性を変化させて、全運転領域で空燃比フィードバック制御の安定性を確保しながら、エンジン運転状態の変化に対する空燃比フィードバック制御の応答性を向上できるようにしたものである。

【0004】

【特許文献 1】

特開 2001-90584 号公報（第 2 頁等）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、複数の気筒を有する内燃機関では、各気筒の個体差（部品公差、組付公差等）や経年変化等によって各気筒の運転状態にばらつきが生じることがあり、気筒間の運転状態のばらつきが大きいと、その影響を受けて空燃比センサ出力のサイクル内変動が大きくなる。しかし、上記特許文献 1 の空燃比フィードバック制御では、気筒間ばらつきを考慮しておらず、気筒間ばらつきが大きい状態でも、エンジン運転状態が同じであれば、同一の制御ゲインを設定するため、気筒間ばらつきの影響を受けて空燃比センサ出力の変動が大きくなると、それに伴って空燃比フィードバック補正量の変動が大きくなってしまい、空燃比フィードバック制御の安定性が損なわれてしまう可能性がある。

【0006】

本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、従ってその目的は、気筒間ばらつきによるフィードバック制御の乱れを低減又は防止することができ、フィードバック制御の安定性を向上させることができる内燃機関の制御装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の請求項1の内燃機関の制御装置は、内燃機関の気筒間の運転状態のばらつきを表す気筒間ばらつき値を気筒間ばらつき検出手段により求め、気筒間ばらつき値が所定範囲を越えているときに、制御安定化手段によりフィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又はフィードバック制御を禁止するようにしたものである。この構成では、気筒間ばらつきによるセンサ出力の乱れによってフィードバック制御が乱れるような状態になれば、気筒間ばらつき検出手段により検出した気筒間ばらつき値が所定範囲を越えてフィードバック制御の制御ゲインを小さくしたり又はフィードバック制御を禁止するため、気筒間ばらつきによるフィードバック制御の乱れを低減又は防止することができ、フィードバック制御の安定性を向上させることができる。

【0008】

また、気筒間ばらつき値に基づいて内燃機関の気筒間の運転状態のばらつきを補正する気筒間ばらつき補正手段を備えたシステムの場合、気筒間ばらつき補正が完了するまでは、まだ気筒間ばらつきが大きいと、フィードバック制御が乱れる可能性がある。

【0009】

そこで、請求項2、3のように、気筒間ばらつき補正が完了していないときに、フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又はフィードバック制御を禁止するようにしても良い。このようにすれば、気筒間ばらつき補正の完了前で、まだ気筒間ばらつきが大きいときに、フィードバック制御の乱れを低減又は防止することができ、フィードバック制御の安定性を向上させることができる。

【0010】

また、気筒間ばらつき補正を実行してから実際に気筒間ばらつきが十分に小さくなるまでには暫く時間がかかることがあるため、請求項4のように、気筒間ばらつき補正の完了後も所定期間が経過するまで、フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又はフィードバック制御を禁止するようにしても良い。このようにすれば、気筒間ばらつき補正の完了直後で気筒間ばらつきが十分に小さくなっていない可能性がある期間にも、フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又はフィードバック制御を禁止する処理を行って、確実にフィードバック制

御の乱れを低減又は防止することができる。

【0011】

或は、請求項5のように、気筒間ばらつき値が所定範囲以内に減少するまで、フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又はフィードバック制御を禁止するようにしても良い。このようにしても、気筒間ばらつきが確実に小さくなるまで、フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又はフィードバック制御を禁止する処理を継続することができ、確実にフィードバック制御の乱れを低減又は防止することができる。

【0012】

また、請求項6のように、排出ガスセンサで検出した排出ガスの空燃比を目標空燃比に制御するように各気筒の燃料噴射弁の燃料噴射量を制御する空燃比フィードバック制御を行うシステムの場合には、気筒間ばらつき値が所定範囲を越えている気筒に対してのみ空燃比フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又は空燃比フィードバック制御を禁止するようにしても良い。このようにすれば、気筒間ばらつきが大きい気筒に対してのみ空燃比フィードバック制御の制御ゲインを小さくするか又は空燃比フィードバック制御を禁止する処理を行って、空燃比フィードバック制御の安定性の悪化を防止しながら、気筒間ばらつきが小さい気筒に対しては通常空燃比フィードバック制御を行って、空燃比制御性を確保することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】

《実施形態（1）》

以下、本発明の実施形態（1）を図1乃至図6に基づいて説明する。まず、図1に基づいてエンジン制御システム全体の概略構成を説明する。内燃機関である例えば4気筒のエンジン11は、第1気筒#1～第4気筒#4の4つの気筒を有し、このエンジン11の吸気管12の最上流部には、エアクリーナ13が設けられ、このエアクリーナ13の下流側に、吸入空気量を検出するエアフローメータ14が設けられている。このエアフローメータ14の下流側には、DCモータ等によって開度調節されるスロットルバルブ15とスロットル開度を検出するスロ

ットル開度センサ 16 とが設けられている。

【0014】

また、スロットルバルブ 15 の下流側には、サージタンク 17 が設けられ、このサージタンク 17 に、吸気管圧力を検出する吸気管圧力センサ 18 が設けられている。また、サージタンク 17 には、エンジン 11 の各気筒に空気を導入する吸気マニホールド 19 が設けられ、各気筒の吸気マニホールド 19 の吸気ポート近傍に、それぞれ燃料を噴射する燃料噴射弁 20 が取り付けられている。また、エンジン 11 のシリンダヘッドには、各気筒毎に点火プラグ 21 が取り付けられ、各点火プラグ 21 の火花放電によって筒内の混合気に着火される。

【0015】

一方、エンジン 11 の排気管 22 には、排出ガス中の CO, HC, NO_x 等を浄化する三元触媒等の触媒 23 が設けられ、この触媒 23 の上流側に、排出ガスの空燃比又はリーン／リッチ等を検出する排出ガスセンサ 24 (空燃比センサ、酸素センサ等) が設けられている。また、エンジン 11 のシリンダブロックには、冷却水温を検出する水温センサ 25 や、エンジン 11 のクランク軸が一定クランク角 (例えば 30 °CA) 回転する毎にパルス信号を出力するクランク角センサ 26 が取り付けられている。このクランク角センサ 26 の出力信号に基づいてクランク角やエンジン回転速度が検出される。

【0016】

前述した各種センサの出力は、エンジン制御回路 (以下「ECU」と表記する) 27 に入力される。この ECU 27 は、マイクロコンピュータを主体として構成され、内蔵された ROM (記憶媒体) に記憶された各種のエンジン制御プログラムを実行することで、エンジン運転状態に応じて燃料噴射弁 20 の燃料噴射量や点火プラグ 21 の点火時期を制御する。

【0017】

その際、ECU 27 は、後述する図 6 に示す空燃比 F/B (「F/B」は「フィードバック」の略記) 補正量算出プログラムを実行することで、排出ガスセンサ 24 で検出した排出ガスの検出空燃比 λ_s を目標空燃比 λ_{tg} に一致させるように所定の制御ゲイン ω を用いて空燃比 F/B 補正量 FAF を算出し、図示しない

燃料噴射量算出プログラムを実行することで、空燃比 F/B 補正量 $F A F$ を用いて燃料噴射量を算出して、燃料噴射弁 20 の燃料噴射量を制御する。

【0018】

しかし、気筒間の運転状態のばらつきが大きいと、その影響を受けて排出ガスセンサ 24 出力のサイクル内変動が大きくなり、それに伴って空燃比 F/B 補正量 $F A F$ の変動が大きくなってしまい、空燃比 F/B 制御の安定性が損なわれてしまう可能性がある。

【0019】

そこで、ECU 27 は、後述する図 2 及び図 3 に示す気筒間ばらつき検出プログラムを実行することで、エンジン 11 の気筒間の運転状態のばらつきを表す気筒間ばらつき値 $D E V$ を算出し、後述する図 5 に示す気筒間ばらつき補正プログラムを実行することで、気筒間ばらつき値 $D E V$ に基づいてエンジン 11 の気筒間の運転状態のばらつきを補正する。

【0020】

そして、図 6 に示す空燃比 F/B 補正量算出プログラムを実行して空燃比 F/B 補正量 $F A F$ を算出する際、気筒間ばらつき値 $D E V$ が所定範囲を越えているとき、又は、気筒間ばらつき補正が完了していないときには、空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を通常よりも小さくすることで、空燃比 F/B 補正量の乱れを低減又は防止して、空燃比 F/B 制御の安定化を図る。以下、ECU 27 が実行する各プログラムの処理内容を説明する。

【0021】

[気筒間ばらつき検出プログラム]

図 2 及び図 3 に示す気筒間ばらつき検出プログラムは、例えば、イグニッションスイッチ（図示せず）のオン後に所定周期で実行され、特許請求の範囲でいう気筒間ばらつき検出手段としての役割を果たす。

【0022】

ここで、図 4 に示すように、吸気管圧力センサ 18 で検出した吸気管圧力の波形は、各気筒の運転状態（吸入空気量、燃焼状態、空燃比等）を反映した脈動波形となる。従って、各気筒の影響が現れるクランク角範囲毎に吸気管圧力センサ

18で検出した吸気管圧力の極小値、極大値、平均値、振幅値、面積、軌跡長等の特性値を算出すれば、各気筒の運転状態を反映した脈動波形の特性値を算出することができるので、この特性値を用いれば、各気筒の運転状態のばらつきを反映した気筒間ばらつき値を算出することができる。

【0023】

尚、本プログラムでは、吸気管圧力の極小値を用いて気筒間ばらつき値を算出するため、図4(a)に示すように、後述する第1～第4のクランク角範囲は、それぞれ第1～第4気筒の影響で吸気管圧力が極小値となる領域を含むように設定されている。

【0024】

本プログラムが起動されると、まず、ステップ101で、気筒間ばらつき検出の実行条件が成立しているか否かを、例えば、定常状態（過渡状態ではない）か否か等によって判定する。気筒間ばらつき検出の実行条件が不成立と判定されれば、以降の処理を行うことなく、本プログラムを終了する。

【0025】

一方、上記ステップ101で、気筒間ばらつき検出の実行条件が成立していると判定された場合には、ステップ102に進み、クランク角センサ26の出力信号に基づいて検出したクランク角が第1のクランク角範囲（第1気筒#1の影響で吸気管圧力が極小値となる領域を含むクランク角範囲）内であるか否かを判定する。その結果、第1のクランク角範囲内であると判定されれば、ステップ103に進み、第1のクランク角範囲内における吸気管圧力の極小値 P_{Mmin} を、第1気筒#1の吸気管圧力極小値 $P_{Mmin}(\#1)$ として算出する。

【0026】

一方、上記ステップ102で、クランク角が第1のクランク角範囲内ではないと判定された場合には、ステップ104に進み、クランク角が第2のクランク角範囲（第2気筒#2の影響で吸気管圧力が極小値となる領域を含むクランク角範囲）内であるか否かを判定する。その結果、第2のクランク角範囲内であると判定されれば、ステップ105に進み、第2のクランク角範囲内における吸気管圧力の極小値 P_{Mmin} を、第2気筒#2の吸気管圧力極小値 $P_{Mmin}(\#2)$ として算

出する。

【0027】

また、上記ステップ104で、クランク角が第2のクランク角範囲内ではないと判定された場合には、ステップ106に進み、クランク角が第3のクランク角範囲（第3気筒#3の影響で吸気管圧力が極小値となる領域を含むクランク角範囲）内であるか否かを判定する。その結果、第3のクランク角範囲内であると判定されれば、ステップ107に進み、第3のクランク角範囲内における吸気管圧力の極小値PMminを、第3気筒#3の吸気管圧力極小値PMmin(#3)として算出する。

【0028】

また、上記ステップ106で、クランク角が第3のクランク角範囲内ではないと判定された場合には、クランク角が第4のクランク角範囲（第4気筒#4の影響で吸気管圧力が極小値となる領域を含むクランク角範囲）内であると判断して、ステップ108に進み、第4のクランク角範囲内における吸気管圧力の極小値PMminを、第4気筒#4の吸気管圧力極小値PMmin(#4)として算出する。

【0029】

この後、図3のステップ109に進み、全気筒の吸気管圧力極小値PMmin(#1)～PMmin(#4)の平均値AVEPMminを算出する。

$$AVEPMmin = \{PMmin(\#1) + \dots + PMmin(\#4)\} / 4$$

【0030】

この後、ステップ110に進み、各気筒の吸気管圧力極小値PMmin(#i)と平均値AVEPMminとを用いて各気筒の気筒間ばらつき値DEV(#i)を次式により算出する。ここで、#i=#1～#4である。

$$DEV(\#i) = PMmin(\#i) - AVEPMmin$$

【0031】

この後、ステップ111に進み、各気筒の気筒間ばらつき値DEV(#i)が、それぞれ所定範囲内（ $K1 \leq DEV(\#i) \leq K2$ ）であるか否かを判定する。その結果、全ての気筒間ばらつき値DEV(#1)～DEV(#4)のうち1つでも所定範囲から外れていると判定された場合には、ステップ112に進み、気筒間ばらつきフ

ラグXDEVを気筒間ばらつきが大きいことを意味する「1」にセットして、本プログラムを終了する。

【0032】

一方、全ての気筒間ばらつき値DEV(#1)～DEV(#4)が所定範囲内であると判定された場合には、ステップ113に進み、気筒間ばらつきフラグXDEVを気筒間ばらつきが小さいことを意味する「0」にリセットして、本プログラムを終了する。

【0033】

[気筒間ばらつき補正プログラム]

図5に示す気筒間ばらつき補正プログラムは、例えば、イグニッションスイッチのオン後に所定周期で実行され、特許請求の範囲でいう気筒間ばらつき補正手段としての役割を果たす。本プログラムが起動されると、まず、ステップ201で、各気筒の気筒間ばらつき値DEV(#i)を読み込んだ後、ステップ202に進み、各気筒の気筒間ばらつき値DEV(#i)を用いて、各気筒の燃料噴射時間補正係数FTAU(#i)を次式により算出する。

$$FTAU(\#i) = DEV(\#i) + 1$$

【0034】

この後、ステップ203に進み、補正前の全気筒の平均燃料噴射時間TAUに各気筒の燃料噴射時間補正係数FTAU(#i)を乗算して、各気筒の最終燃料噴射時間TAU(#i)を求める。

$$TAU(\#i) = TAU \times FTAU(\#i)$$

以上の処理により、各気筒の気筒間ばらつき値DEV(#i)に応じて各気筒の燃料噴射量を補正することで、気筒間の空燃比ばらつきを小さくする。

【0035】

[空燃比F/B補正量算出プログラム]

図6に示す空燃比F/B補正量算出プログラムは、例えば、燃料噴射毎に実行され、特許請求の範囲でいうフィードバック制御手段としての役割を果たす。本プログラムが起動されると、まず、ステップ301で、①気筒間ばらつきが小さい(気筒間ばらつきフラグXDEV=0)か否かを判定し、また、②気筒間ばら

つき補正が完了してから所定期間（所定時間、所定クランク角等）経過したか否かを判定する。

【0036】

その結果、気筒間ばらつきが大きい（気筒間ばらつきフラグ $XDEV = 1$ ）と判定された場合、又は、気筒間ばらつき補正完了から所定期間が経過する前であると判定された場合には、気筒間ばらつきによって排出ガスセンサ 24 の出力が乱れて空燃比 F/B 補正量 FAF が乱れる可能性があると判断して、ステップ 302 に進み、空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を通常値 ω_1 よりも小さい値 ω_2 に切り換える。これにより、気筒間ばらつきによって排出ガスセンサ 24 の出力が乱れても、空燃比 F/B 補正量 FAF が乱れることを低減又は防止する。このステップ 302 の処理が特許請求の範囲でいう制御安定化手段としての役割を果たす。

【0037】

一方、上記ステップ 301 で、気筒間ばらつきが小さいと判定された場合、又は、気筒間ばらつき補正が完了してから所定期間が経過したと判定された場合には、ステップ 303 に進み、空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を通常値 ω_1 に戻す。

【0038】

このようにして、ステップ 302 又は 303 で制御ゲイン ω を設定した後、ステップ 304 に進み、検出空燃比 λ_s を目標空燃比 λ_{tg} に一致させるように制御ゲイン ω を用いて空燃比 F/B 補正量 FAF を算出する。

【0039】

以上説明した本実施形態（1）では、気筒間ばらつきが大きいときに、空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を通常よりも小さい値 ω_2 に切り換えるようにしたので、気筒間ばらつきによって排出ガスセンサ 24 の出力が乱れても、空燃比 F/B 補正量 FAF が乱れることを低減又は防止することができ、空燃比 F/B 制御の安定性を向上させることができる。

【0040】

また、本実施形態（1）では、気筒間ばらつき補正を実行してから実際に気筒

間ばらつきが十分に小さくなるまでには暫く時間がかかることがあることを考慮して、気筒間ばらつき補正の完了後も所定期間が経過するまで、空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を通常よりも小さくする処理を継続するようにしたので、気筒間ばらつき補正の完了直後で気筒間ばらつきが十分に小さくなっていない可能性がある期間にも、空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を小さくする処理を行って、確実に空燃比 F/B 制御の乱れを低減又は防止することができる。

【0041】

しかしながら、必ずしも、気筒間ばらつき補正完了から所定期間が経過するまで空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を小さくする処理を継続する必要はなく、気筒間ばらつき補正によって速やかに気筒間ばらつきが小さくなるような場合には、気筒間ばらつき補正完了直後に、直ちに空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を通常値 ω_1 に戻すようにしても良い。

【0042】

《実施形態（2）》

前記実施形態（1）では、吸気管圧力の極小値を用いて気筒間ばらつき値を算出したが、本発明の本実施形態（2）では、後述する図7及び図8に示す気筒間ばらつき検出プログラムを実行することで、吸気管圧力の極大値を用いて気筒間ばらつき値を算出するようにしている。

【0043】

[気筒間ばらつき検出プログラム]

図7及び図8に示す気筒間ばらつき検出プログラムでは、吸気管圧力の極大値を用いて気筒間ばらつき値を算出するため、図4（b）に示すように、後述する第1～第4のクランク角範囲は、それぞれ第1～第4気筒の影響で吸気管圧力が極大値となる領域を含むように設定されている。

【0044】

本プログラムでは、ステップ401で気筒間ばらつき検出の実行条件が成立していると判定された場合、クランク角が第1のクランク角範囲（第1気筒#1の影響で吸気管圧力が極大値となる領域を含むクランク角範囲）内のときに、該第1のクランク角範囲内における吸気管圧力の極大値 P_{Mmax} を、第1気筒#1の

吸気管圧力極大値 $P_{Mmax}(\#1)$ として算出する (ステップ 402、403)。

【0045】

一方、クランク角が第2のクランク角範囲 (第2気筒#2の影響で吸気管圧力が極大値となる領域を含むクランク角範囲) 内のときに、該第2のクランク角範囲内における吸気管圧力の極大値 P_{Mmax} を、第2気筒#2の吸気管圧力極大値 $P_{Mmax}(\#2)$ として算出する (ステップ 404、405)。

【0046】

また、クランク角が第3のクランク角範囲 (第3気筒#3の影響で吸気管圧力が極大値となる領域を含むクランク角範囲) 内のときに、該第3のクランク角範囲内における吸気管圧力の極大値 P_{Mmax} を、第3気筒#3の吸気管圧力極大値 $P_{Mmax}(\#3)$ として算出する (ステップ 406、407)。

【0047】

また、クランク角が第4のクランク角範囲 (第4気筒#4の影響で吸気管圧力が極大値となる領域を含むクランク角範囲) 内のときに、該第4のクランク角範囲内における吸気管圧力の極大値 P_{Mmax} を、第4気筒#4の吸気管圧力極大値 $P_{Mmax}(\#4)$ として算出する (ステップ 408)。

【0048】

この後、図8のステップ 409に進み、全気筒の吸気管圧力極大値 $P_{Mmax}(\#1)$ ～ $P_{Mmax}(\#4)$ の平均値 $AVE P_{Mmax}$ を算出する。

$$AVE P_{Mmax} = \{P_{Mmax}(\#1) + \dots + P_{Mmax}(\#4)\} / 4$$

【0049】

この後、ステップ 410に進み、各気筒の吸気管圧力極大値 $P_{Mmax}(\#i)$ と平均値 $AVE P_{Mmax}$ とを用いて各気筒の気筒間ばらつき値 $DEV(\#i)$ を次式により算出する。

$$DEV(\#i) = P_{Mmax}(\#i) - AVE P_{Mmax}$$

【0050】

この後、ステップ 411に進み、各気筒の気筒間ばらつき値 $DEV(\#i)$ が、それぞれ所定範囲内 ($K1 \leq DEV(\#i) \leq K2$) であるか否かを判定し、全ての気筒間ばらつき値 $DEV(\#1) \sim DEV(\#4)$ のうち1つでも所定範囲から外れている

と判定された場合には、ステップ 412 に進み、気筒間ばらつきフラグ $XDEV$ を「1」にセットし、全ての気筒間ばらつき値 $DEV(\#1) \sim DEV(\#4)$ が所定範囲内であると判定された場合には、ステップ 413 に進み、気筒間ばらつきフラグ $XDEV$ を「0」にリセットする。

以上説明した本実施形態 (2) のようにしても、各気筒の気筒間ばらつき値 $DEV(\#i)$ を精度良く求めることができる。

【0051】

《実施形態 (3)》

次に、図 9 を用いて本発明の実施形態 (3) を説明する。本実施形態 (3) では、図 9 示す空燃比 F/B 補正量算出プログラムを実行することで、燃料噴射弁 20 から排出ガスセンサ 24 までの制御対象を模擬した空燃比制御モデルを用いて、排出ガスセンサ 24 で検出した排出ガスの検出空燃比 λ_s を目標空燃比 λ_{tg} に一致させるように所定の制御ゲイン ω を用いて空燃比 F/B 補正量 F_{AF} を算出する。この際、気筒間ばらつき値 DEV が所定範囲を越えているとき、又は、気筒間ばらつき補正が完了していないときには、制御ゲイン ω を通常よりも小さくすることで、空燃比 F/B 補正量の乱れを低減又は防止して、空燃比 F/B 制御の安定化を図る。

【0052】

図 9 に示す空燃比 F/B 補正量算出プログラムでは、まずステップ 501 で、空燃比制御モデルの応答時定数 τ のマップ又は数式を用いて、現在のエンジン運転状態 (例えば吸入空気量) に応じた空燃比制御モデルの応答時定数 τ を算出する。この空燃比制御モデルの応答時定数 τ のマップ又は数式は、予め、実験、シミュレーション等によって設定され、ECU 27 の ROM に記憶されている。

【0053】

この後、ステップ 502 に進み、制御ゲイン ω のマップ又は数式を用いて、空燃比制御モデルの応答時定数 τ に応じた制御ゲイン ω を算出する。この制御ゲイン ω のマップ又は数式は、予め、実験、シミュレーション等によって設定され、ECU 27 の ROM に記憶されている。

【0054】

この後、ステップ503に進み、①気筒間ばらつきが小さい（気筒間ばらつきフラグXDEV=0）か否かを判定し、また、②気筒間ばらつき補正が完了したか否かを判定する。

【0055】

その結果、気筒間ばらつきが大きい（気筒間ばらつきフラグXDEV=1）と判定された場合、又は、気筒間ばらつき補正が未完了であると判定された場合には、気筒間ばらつきによって排出ガスセンサ24の出力が乱れて空燃比F/B補正量FAFが乱れる可能性があると判断して、ステップ504に進み、エンジン運転状態に応じた算出した制御ゲイン ω に補正係数f0（ $0 < f0 < 1$ ）を乗算して制御ゲイン ω を補正することで、制御ゲイン ω を通常よりも小さい値に切り換える。

$$\omega = \omega \times f0$$

【0056】

一方、上記ステップ503で、気筒間ばらつきが小さいと判定された場合、又は、気筒間ばらつき補正が完了したと判定された場合には、ステップ505に進み、エンジン運転状態に応じて算出した制御ゲイン ω をそのまま採用する。

【0057】

以上のようにして、ステップ504又は505で制御ゲイン ω を設定した後、ステップ506に進み、空燃比制御モデルの応答時定数 τ 、制御ゲイン ω 、減衰係数 ξ 、検出空燃比 λ_s と目標空燃比 λ_{tg} との偏差 $\Delta\lambda$ 等を用いて、空燃比制御モデルから導かれる空燃比F/B補正量FAFの算出式により、検出空燃比 λ_s を目標空燃比 λ_{tg} に一致させるように空燃比F/B補正量FAFを算出する。

尚、空燃比制御モデルを用いた空燃比F/B補正量FAFの算出に関連する技術は、例えば、特開2001-90584号公報に詳細に記載されている。

【0058】

以上説明した本実施形態（3）では、エンジン運転状態に応じて制御ゲイン ω を変化させるようにしたので、全運転領域で空燃比F/B制御の安定性を確保しながら、エンジン運転状態の変化に対する空燃比F/B制御の応答性を向上させることができる。しかも、気筒間ばらつきが大きいときや気筒間ばらつき補正が

未完了のときには、空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を通常よりも小さい値に切り換えるようにしたので、気筒間ばらつきによって排出ガスセンサ 24 の出力が乱れても、空燃比 F/B 補正量 $F A F$ が乱れることを低減又は防止することができ、空燃比 F/B 制御の安定性を向上させることができる。

【0059】

尚、本実施形態（3）においても、前記実施形態（1）と同じように、気筒間ばらつき補正完了後も所定期間が経過するまで、空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を小さくする処理を継続するようにしても良い。

【0060】

《実施形態（4）》

上記各実施形態（1）～（3）では、気筒間ばらつきが大きいときに空燃比制御を安定化させるために制御ゲイン ω を小さくするようにしたが、本発明の実施形態（4）では、後述する図 10 に示す制御安定化プログラムを実行することで、気筒間ばらつきが大きいときに空燃比 F/B 制御を禁止して空燃比制御を安定化させるようにしている。

【0061】

[制御安定化プログラム]

図 10 に示す制御安定化プログラムでは、まず、ステップ 601 で、①気筒間ばらつきが小さい（気筒間ばらつきフラグ $XDEV = 0$ ）か否かを判定し、また、②気筒間ばらつき補正が完了したか否かを判定する。

【0062】

その結果、気筒間ばらつきが大きい（気筒間ばらつきフラグ $XDEV = 1$ ）と判定された場合、又は、気筒間ばらつき補正が未完了であると判定された場合には、気筒間ばらつきによって排出ガスセンサ 24 の出力が乱れているため、空燃比 F/B 制御を実行すると、空燃比 F/B 補正量 $F A F$ が乱れる可能性がある判断して、ステップ 602 に進み、空燃比 F/B 制御を禁止する（例えば、空燃比 F/B 補正量 $F A F$ を基準値に固定する）。

【0063】

一方、上記ステップ 601 で、気筒間ばらつきが小さいと判定された場合、又

は、気筒間ばらつき補正が完了したと判定された場合には、ステップ 603 に進み、空燃比 F/B 制御を許可する。

【0064】

以上説明した本実施形態（4）では、気筒間ばらつきが大きいときや気筒間ばらつき補正が未完了のときに、空燃比 F/B 制御を禁止するようにしたので、気筒間ばらつきによって排出ガスセンサ 24 の出力が乱れても、空燃比制御の安定性を向上させることができる。

尚、気筒間ばらつき補正完了後も所定期間が経過するまで、空燃比 F/B 制御を禁止する処理を継続するようにしても良い。

【0065】

《実施形態（5）》

前記実施形態（4）では、気筒間ばらつきが大きいときに、全ての気筒に対して空燃比 F/B 制御を禁止するようにしたが、本発明の実施形態（5）では、後述する図 11 及び図 12 に示す気筒間ばらつき検出及び制御安定化プログラムを実行することで、気筒間ばらつきが大きい気筒に対してのみ空燃比 F/B 制御を禁止するようにしている。

【0066】

[気筒間ばらつき検出及び制御安定化プログラム]

図 11 及び図 12 に示す気筒間ばらつき検出及び制御安定化プログラムでは、ステップ 701 で気筒間ばらつき検出の実行条件が成立していると判定された場合、クランク角が第 1 のクランク角範囲（第 1 気筒 #1 の影響で吸気管圧力が極小値となる領域を含むクランク角範囲）内のときに、該第 1 のクランク角範囲内における吸気管圧力の極小値 PM_{min} を、第 1 気筒 #1 の吸気管圧力極小値 $PM_{min}(\#1)$ として算出する（ステップ 702、703）。

【0067】

一方、クランク角が第 2 のクランク角範囲（第 2 気筒 #2 の影響で吸気管圧力が極小値となる領域を含むクランク角範囲）内のときに、該第 2 のクランク角範囲内における吸気管圧力の極小値 PM_{min} を、第 2 気筒 #2 の吸気管圧力極小値 $PM_{min}(\#2)$ として算出する（ステップ 704、705）。

【0068】

また、クランク角が第3のクランク角範囲（第3気筒#3の影響で吸気管圧力が極小値となる領域を含むクランク角範囲）内のときに、該第3のクランク角範囲内における吸気管圧力の極小値PMminを、第3気筒#3の吸気管圧力極小値PMmin(#3)として算出する（ステップ706、707）。

【0069】

また、クランク角が第4のクランク角範囲（第4気筒#4の影響で吸気管圧力が極小値となる領域を含むクランク角範囲）内のときに、該第4のクランク角範囲内における吸気管圧力の極小値PMminを、第4気筒#4の吸気管圧力極小値PMmin(#4)として算出する（ステップ708）。

【0070】

この後、図12のステップ709に進み、各気筒の吸気管圧力極小値PMmin(#i)を用いて各気筒の気筒間ばらつき値DEV(#i)を算出する。本実施形態（5）では、第j気筒#jの気筒間ばらつき値DEV(#j)を求める場合、第j気筒#jの吸気管圧力極小値PMmin(#j)と第j気筒#j以外の気筒の吸気管圧力極小値の平均値との偏差を求め、それを第j気筒#jの気筒間ばらつき値DEV(#j)とする。

【0071】

$$\begin{aligned} DEV(\#1) &= PMmin(\#1) \\ &\quad - \{ PMmin(\#2) + PMmin(\#3) + PMmin(\#4) \} / 3 \\ DEV(\#2) &= PMmin(\#2) \\ &\quad - \{ PMmin(\#1) + PMmin(\#3) + PMmin(\#4) \} / 3 \\ DEV(\#3) &= PMmin(\#3) \\ &\quad - \{ PMmin(\#1) + PMmin(\#2) + PMmin(\#4) \} / 3 \\ DEV(\#4) &= PMmin(\#4) \\ &\quad - \{ PMmin(\#1) + PMmin(\#2) + PMmin(\#3) \} / 3 \end{aligned}$$

【0072】

この後、ステップ710に進み、各気筒の気筒間ばらつき値DEV(#i)の絶対値が、それぞれ所定値Xよりも大きいか否かを判定する。その結果、全ての気筒

間ばらつき値 $DEV(\#1) \sim DEV(\#4)$ のうち 1 つでも所定値 X よりも大きいと判定された場合には、ステップ 711 に進み、 $|DEV(\#i)| > X$ と判定された気筒、つまり、気筒間ばらつきが大きい気筒に対してのみ空燃比 F/B 制御を禁止する。この場合、気筒間ばらつきが大きい気筒以外の気筒（つまり、気筒間ばらつきが小さい気筒）に対しては通常空燃比 F/B 制御を行う。

【0073】

一方、全ての気筒間ばらつき値 $DEV(\#1) \sim DEV(\#4)$ が所定値 X 以下である（ $|DEV(\#i)| \leq X$ ）と判定された場合には、ステップ 712 に進み、全気筒に対して空燃比 F/B 制御を許可する。

この後、ステップ 713 に進み、各気筒の吸気管圧力極小値 $PM_{min}(\#i)$ を例えば 1 サイクル（720℃）毎にリセットして、本プログラムを終了する。

【0074】

以上説明した本実施形態（5）では、気筒間ばらつきが大きい気筒に対してのみ空燃比 F/B 制御を禁止するようにしたので、気筒間ばらつきによる空燃比 F/B 制御の安定性の悪化を防止しながら、気筒間ばらつきが小さい気筒に対しては通常空燃比 F/B 制御を行って、空燃比制御性を確保することができる。

【0075】

尚、本実施形態（5）では、気筒間ばらつきが大きい気筒に対してのみ空燃比 F/B 制御を禁止するようにしたが、気筒間ばらつきが大きい気筒に対してのみ空燃比 F/B 制御の制御ゲイン ω を通常よりも小さくするようにしても良い。

【0076】

また、上記各実施形態（1）～（5）では、本発明を空燃比 F/B 制御に適用したが、本発明はこれに限定されず、例えば、クランク角センサ 26 で検出したエンジン回転速度を目標アイドル回転速度に制御するように吸入空気量制御弁（アイドルスピードコントロールバルブ又はスロットルバルブ）の開度を制御するアイドル回転速度 F/B 制御等、気筒間ばらつきの影響を受ける種々の F/B 制御に本発明を適用することができる。

【0077】

また、上記各実施形態（1）～（5）では、吸気管圧力の所定期間毎の極大値

又は極小値に基づいて気筒間ばらつき値を算出したが、気筒間ばらつき値の算出方法は適宜変更しても良く、例えば、吸気管圧力の所定期間毎の平均値、振幅値、面積、軌跡長等に基づいて気筒間ばらつき値を算出するようにしても良い。また、吸気管圧力に代えて、吸入空気量、筒内圧力、回転速度、イオン電流、空燃比等に基づいて気筒間ばらつき値を算出するようにしても良い。

【0078】

また、上記各実施形態（１）～（５）では、各気筒毎に燃料噴射量を補正することで気筒間ばらつきを補正したが、気筒間ばらつきの補正方法は適宜変更しても良く、例えば、各気筒毎に点火時期を補正したり、各気筒毎に吸入空気量を補正して気筒間ばらつきを補正するようにしても良い。

その他、本発明の適用範囲は４気筒のエンジンに限定されず、５気筒以上又は３気筒以下の複数気筒エンジンに本発明を適用しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図１】

本発明の実施形態（１）におけるエンジン制御システム全体の概略構成図

【図２】

実施形態（１）の気筒間ばらつき検出プログラムの処理の流れを示すフローチャート（その１）

【図３】

実施形態（１）の気筒間ばらつき検出プログラムの処理の流れを示すフローチャート（その２）

【図４】

吸気管圧力の挙動を示すタイムチャート

【図５】

実施形態（１）の気筒間ばらつき補正プログラムの処理の流れを示すフローチャート

【図６】

実施形態（１）の空燃比 F/B 補正量算出プログラムの処理の流れを示すフローチャート

【図 7】

実施形態（2）の気筒間ばらつき検出プログラムの処理の流れを示すフローチャート（その1）

【図 8】

実施形態（2）の気筒間ばらつき検出プログラムの処理の流れを示すフローチャート（その2）

【図 9】

実施形態（3）の空燃比F/B補正量算出プログラムの処理の流れを示すフローチャート

【図 10】

実施形態（4）の制御安定化プログラムの処理の流れを示すフローチャート

【図 11】

実施形態（5）の気筒間ばらつき検出及び制御安定化プログラムの処理の流れを示すフローチャート（その1）

【図 12】

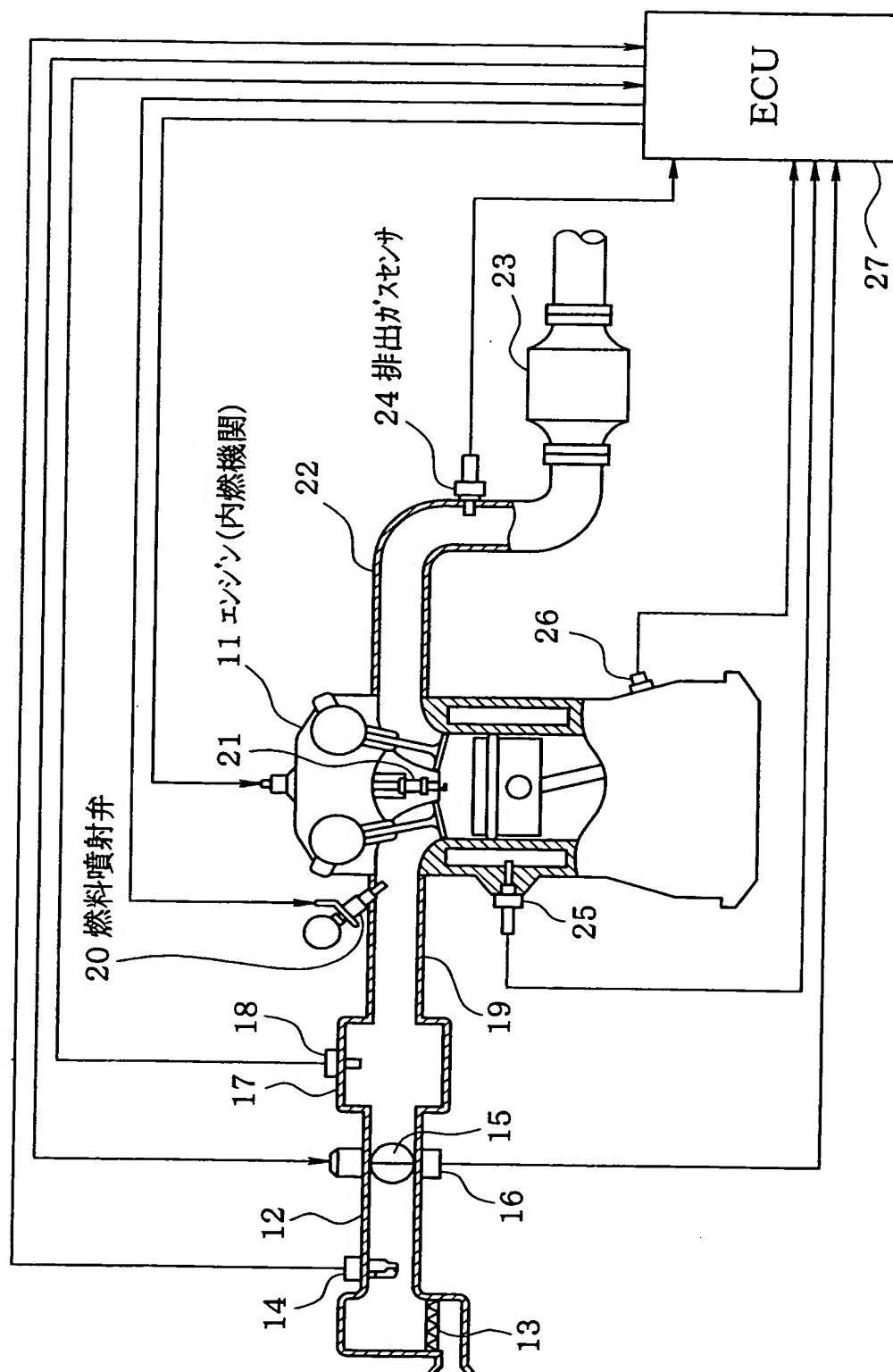
実施形態（5）の気筒間ばらつき検出及び制御安定化プログラムの処理の流れを示すフローチャート（その2）

【符号の説明】

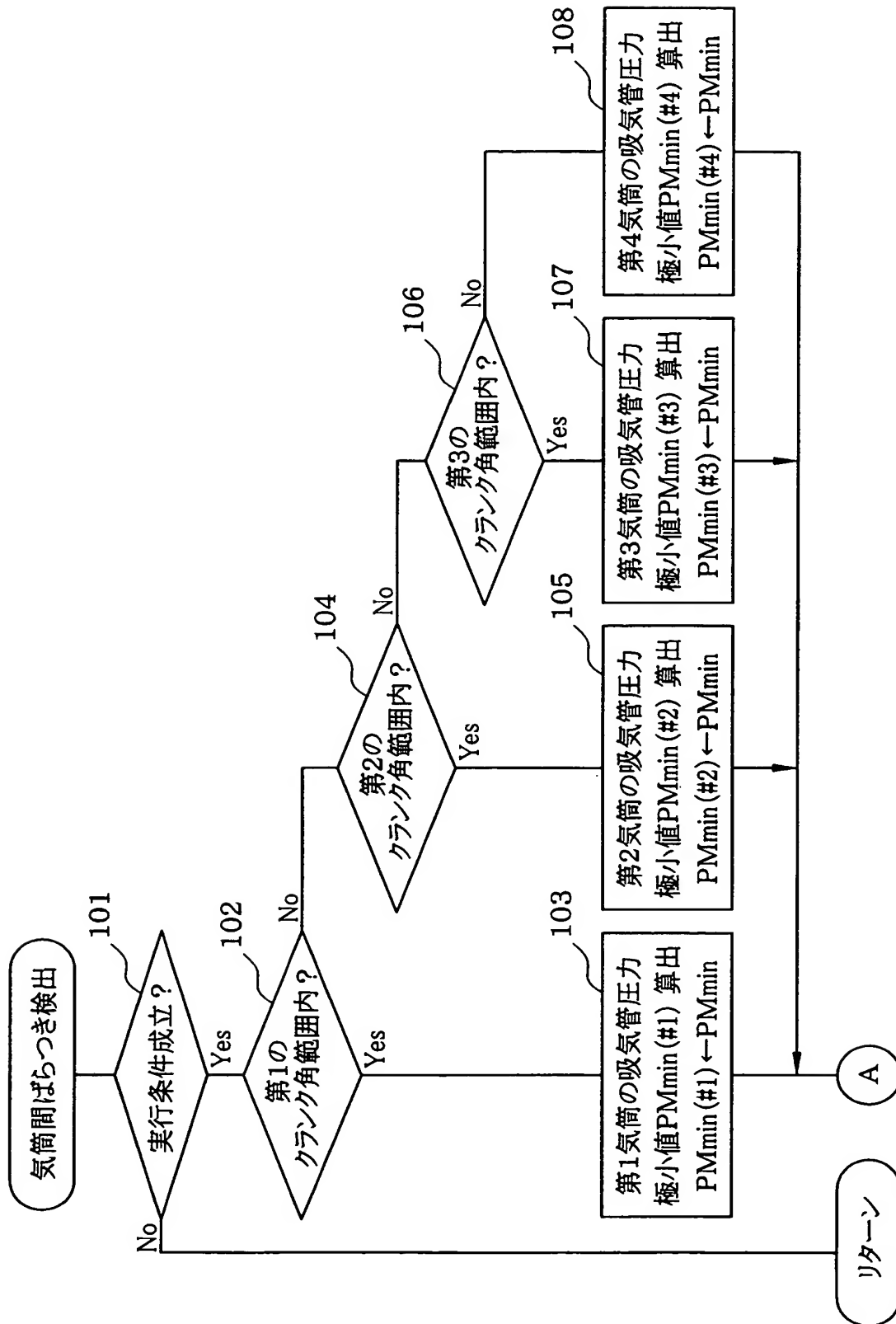
11…エンジン（内燃機関）、12…吸気管、14…エアフローメータ、15…スロットルバルブ、18…吸気管圧力センサ、20…燃料噴射弁、21…点火プラグ、22…排気管、24…排出ガスセンサ、26…クランク角センサ、27…ECU（フィードバック制御手段、気筒間ばらつき検出手段、気筒間ばらつき補正手段、制御安定化手段）。

【書類名】 図面

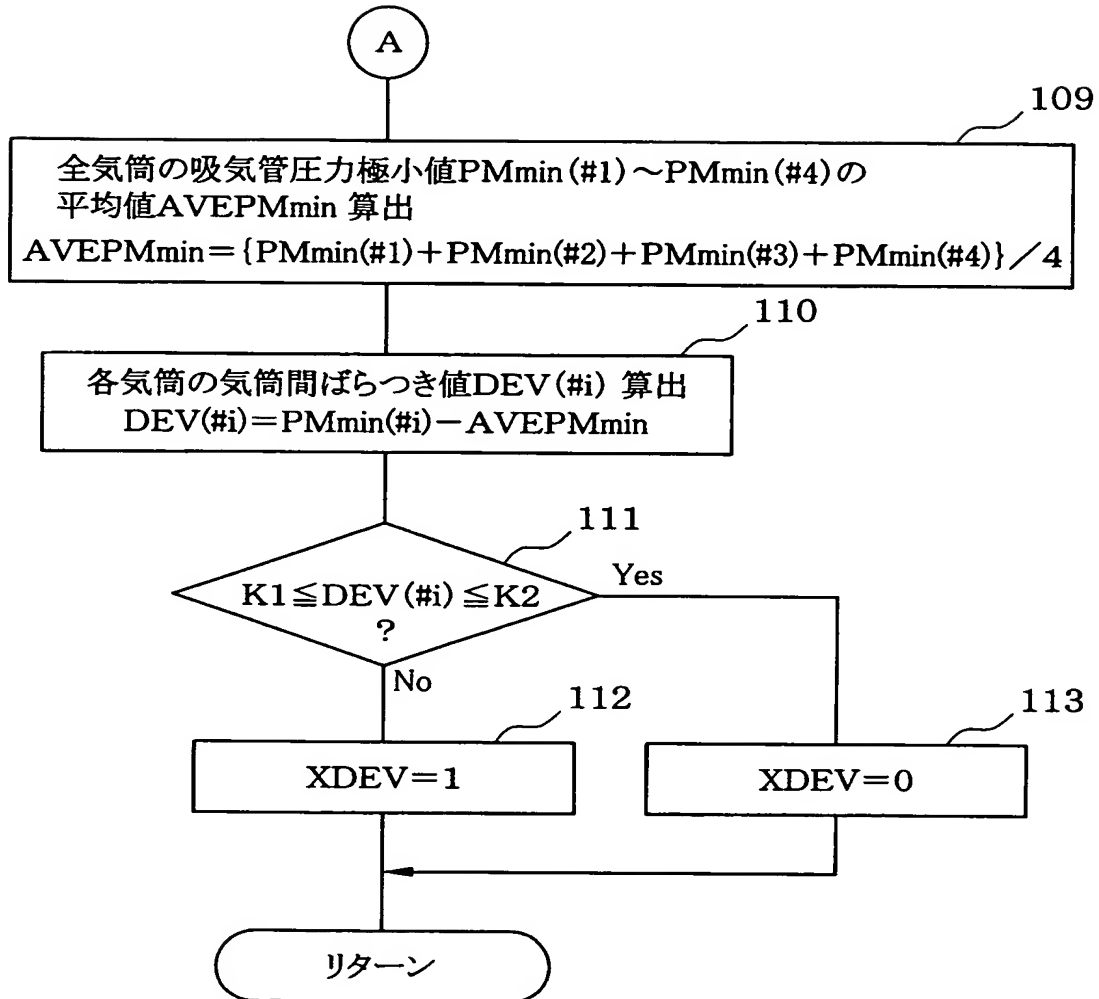
【図 1】



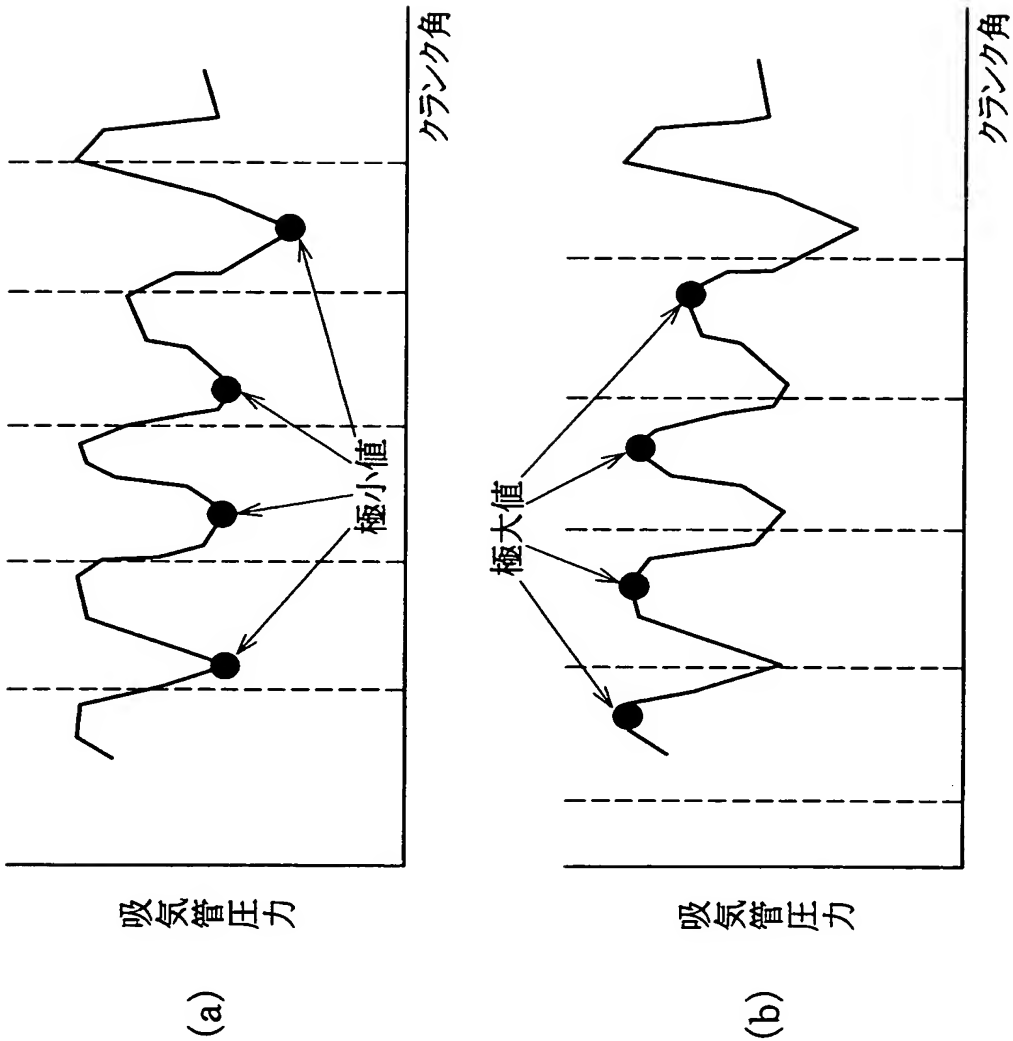
【図 2】



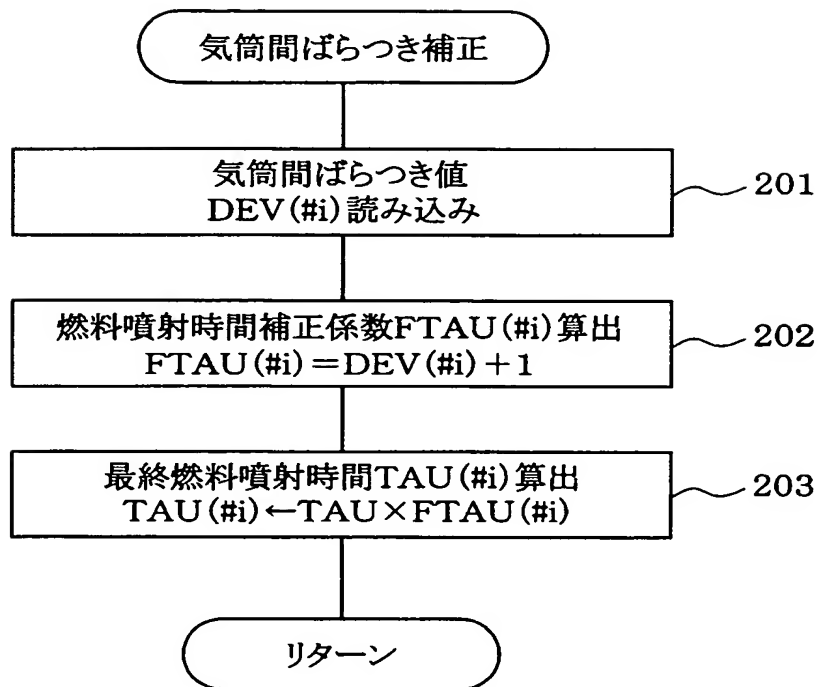
【図 3】



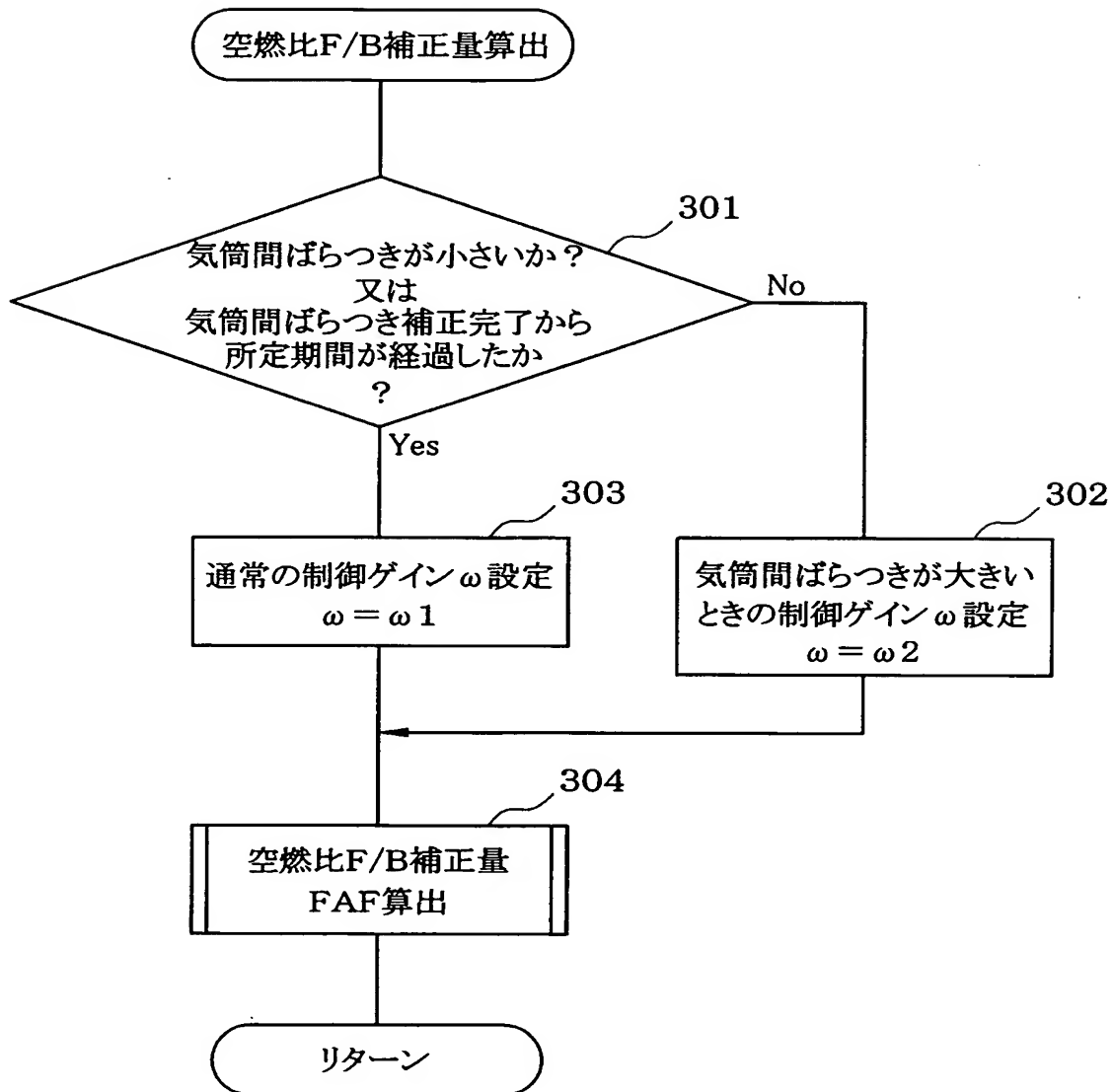
【図 4】



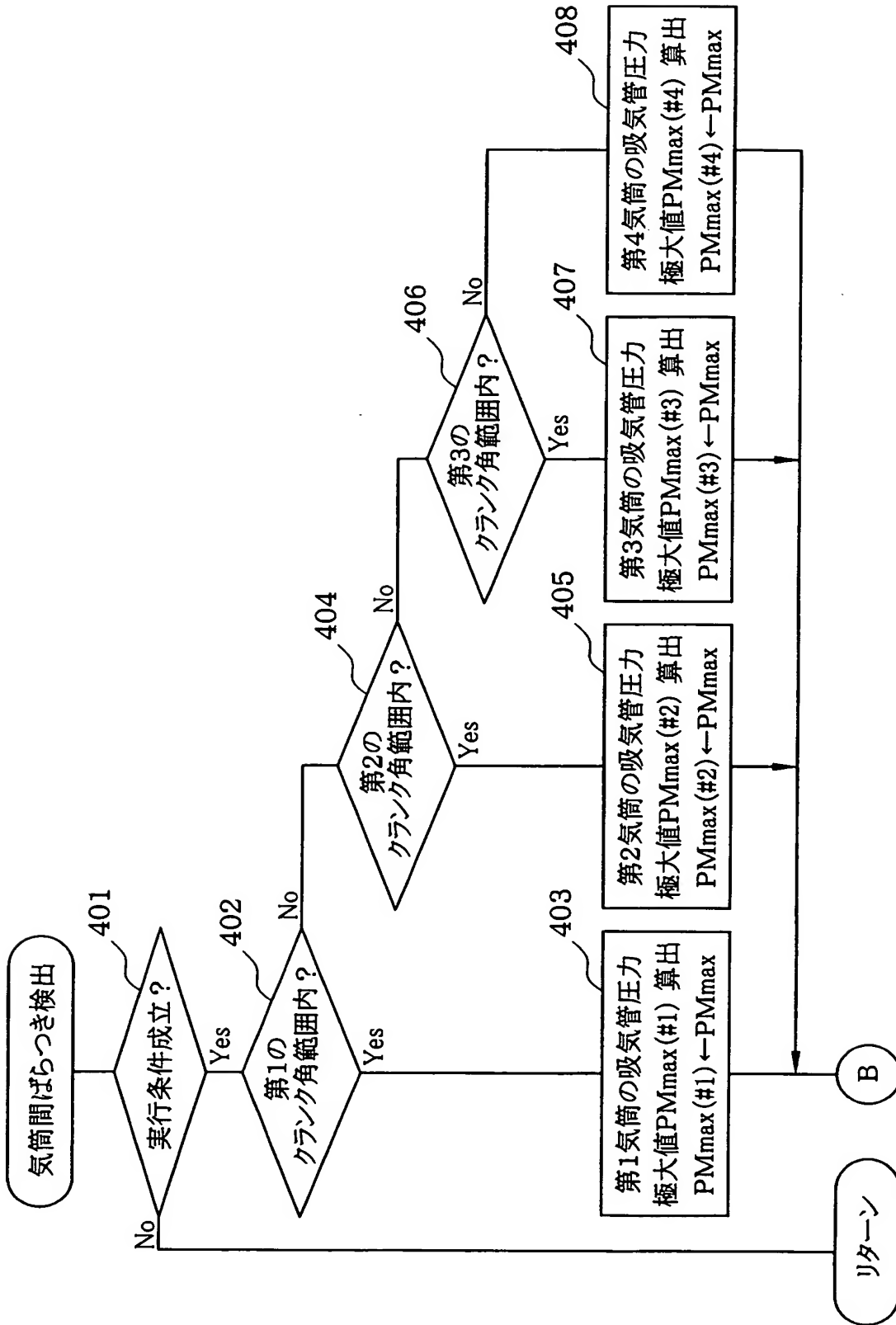
【図 5】



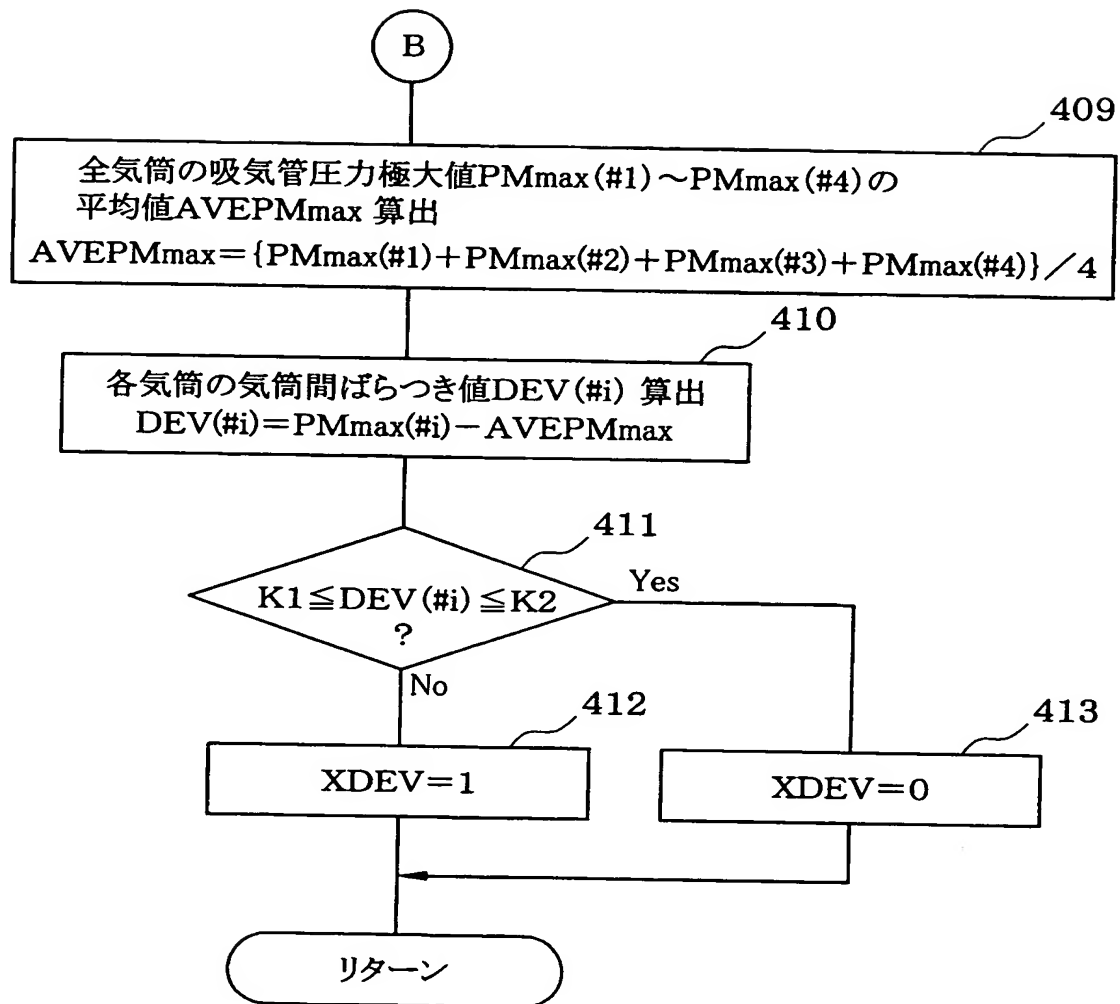
【図 6】



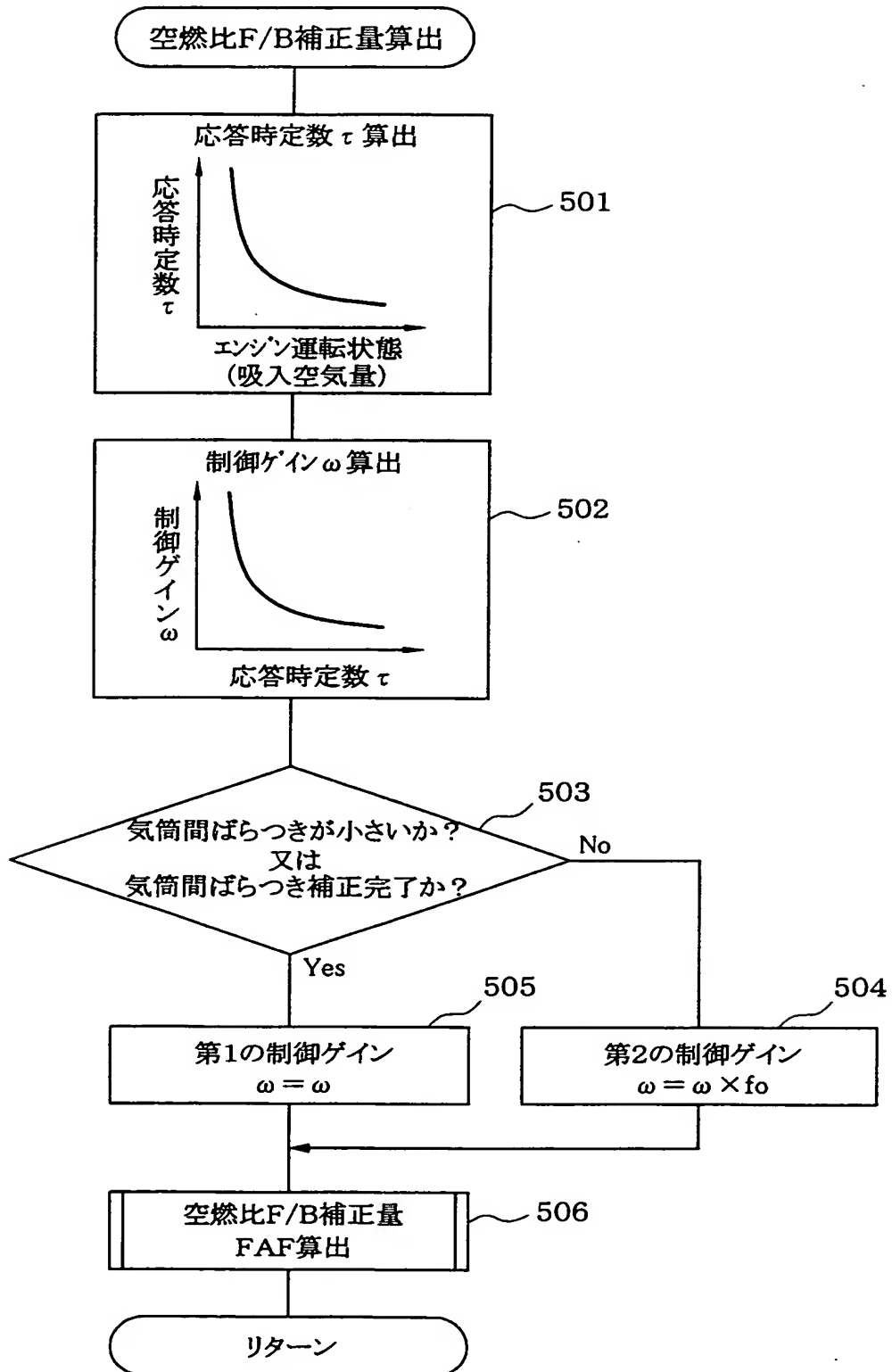
【図 7】



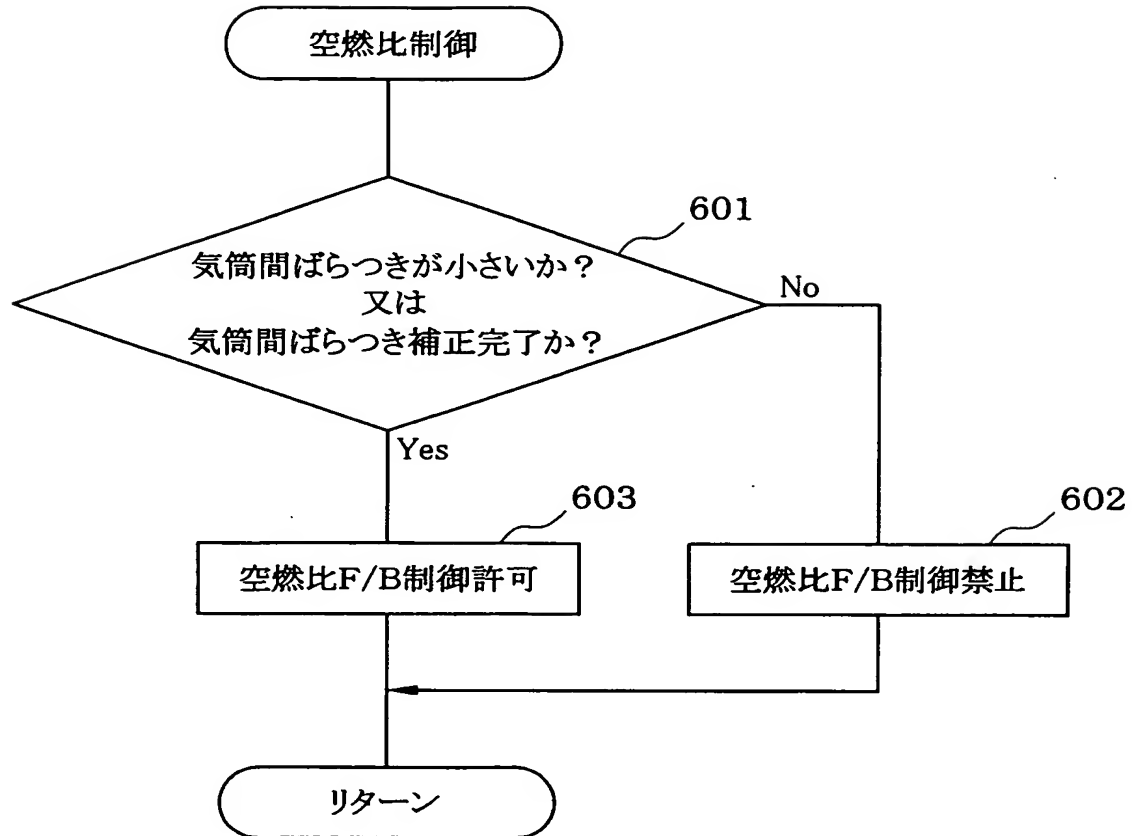
【図 8】



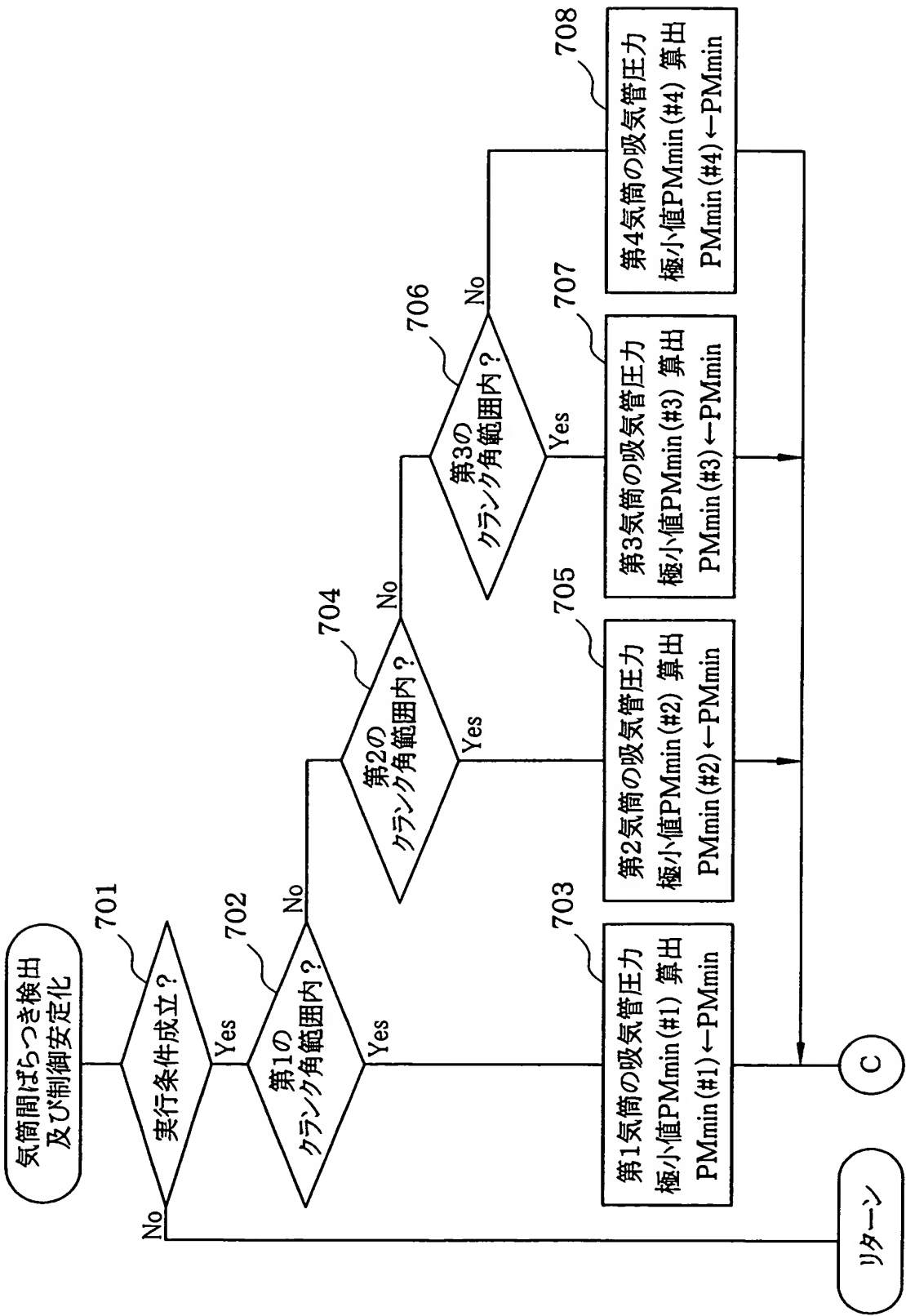
【図 9】



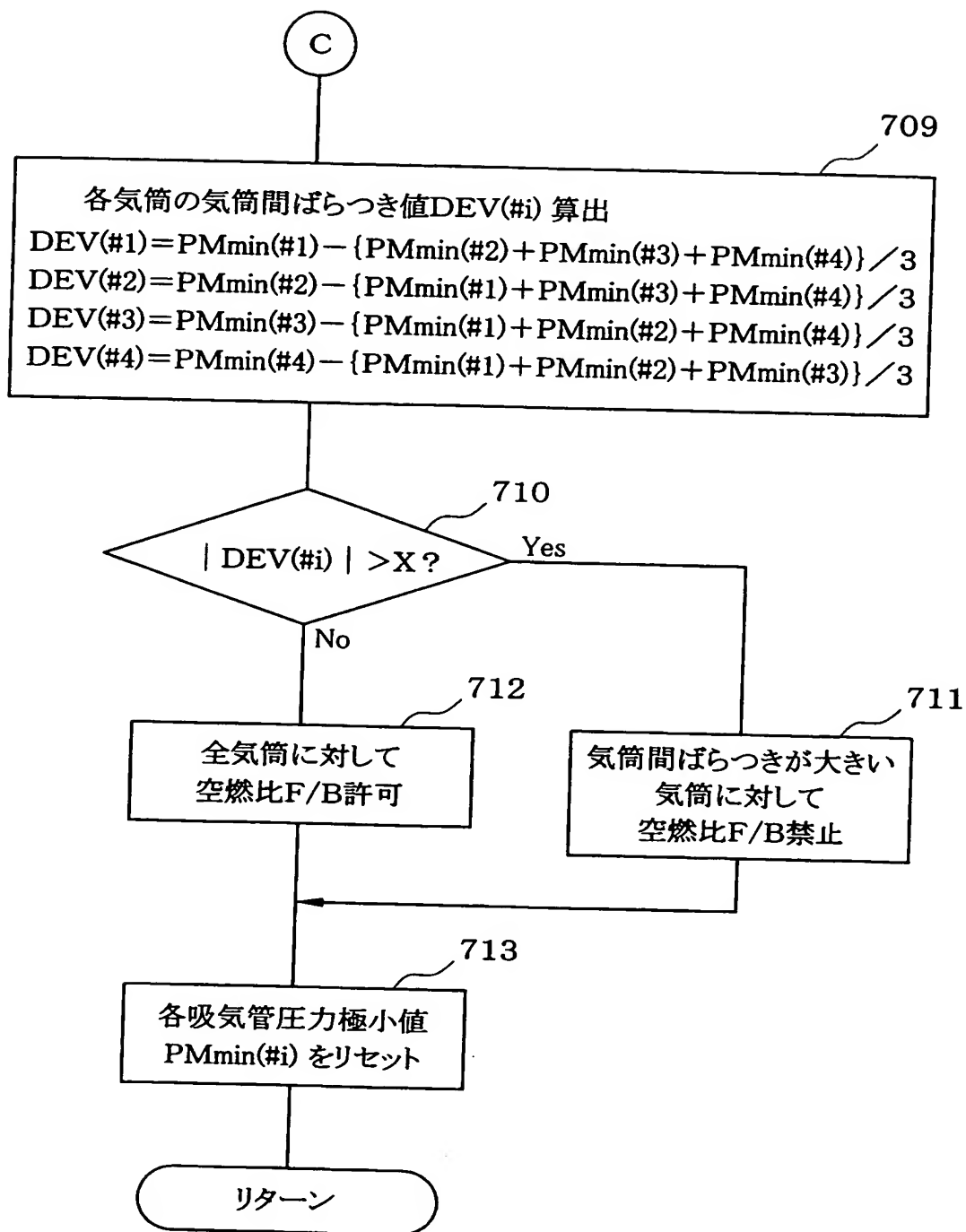
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エンジンの気筒間ばらつきによる空燃比フィードバック制御の乱れを低減又は防止できるようにする。

【解決手段】 吸気管圧力センサ 18 で検出した吸気管圧力等の挙動に基づいて各気筒毎に気筒間ばらつき値を算出し、各気筒の気筒間ばらつき値に基づいて各気筒毎に燃料噴射量等を補正することで気筒間ばらつきを補正する。エンジン運転中に、気筒間ばらつきが大きいとき、又は、気筒間ばらつき補正が完了するまでは、気筒間ばらつきによって排出ガスセンサ 24 の出力が乱れて空燃比フィードバック補正量が乱れる可能性があると判断して、空燃比フィードバック制御の制御ゲインを通常よりも小さい値に切り換えるか、或は、空燃比フィードバック制御を禁止する。これにより、気筒間ばらつきによって排出ガスセンサ 24 の出力が乱れているときでも、空燃比制御の安定性を確保する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 6 0 3 8 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 6 0]

1 . 変更年月日

1 9 9 6 年 1 0 月 8 日

[変更理由]

名称変更

住 所

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地

氏 名

株式会社デンソー